

разрядных лампах этого не допускают). Кроме того, при оценке экономии электроэнергии необходимо учитывать потери на проводах линий питания осветительных установок. Потребляемый лампами ДРЛ и ДНАТ ток составляет 2,1-2,2 А, потребляемый ток светильника LZ(УСС-70) составляет 0,6-1,0 А в зависимости от режима работы. Таким образом, рассеиваемая на проводах питания мощность уменьшается в 4-9 раз.

При полном расчете следует учитывать не только прямую экономию (энергопотребление и эксплуатационные затраты) при использовании светодиодных установок, но и косвенную, такую как ввод новых энергетических мощностей.

Таким образом, светодиодные установки по экономии электроэнергии, эксплуатационным и другим совокупным затратам являются более перспективными, чем традиционные, несмотря на более высокую цену.

1.Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б.Айзенберга. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Знак, 2006. – 972 с.

2.Кожушко Г.М. Вплив деяких факторів на експлуатаційну надійність натрієвих ламп високого тиску // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.53. – К.: Техніка, 2003. – С.211-218.

3.Гольденблат Б.И. О влиянии качества электроэнергии на эффективность осветительных установок // Светотехника. – 1989. – №2. – С.11-12.

4.Овчинников С.С., Сапрыка А.В. Структура и анализ информативных параметров качества высокоинтенсивных разрядных ламп // Материалы XXXI науч.-техн. конф. преподавателей, аспирантов и сотрудников ХГАГХ. – Харьков, 2002. – С.54-55.

5.Семенов В.Т., Гриб О.Г., Сапрыка А.В., Овчинников С.С., Татьков В.П. Перспективы развития наружного освещения города Харькова на 2008-2012 годы // Труды VI Междунар. науч.-практ. конф. «Проблемы и перспективы развития жилищно-коммунального комплекса города». – М., 2008. – С.137-139.

*Получено 06.09.2008*

УДК 621.316.5

В.М.ПОЛЩУК, канд. техн. наук, В.Ф.РОЙ, д-р фіз.-матем. наук  
*Харківська національна академія міського господарства*

## **ВИКОРИСТАННЯ БЕЗКОНТАКТНОЇ КОМУТАЦІЙНО-РЕГУЛЮЮЧОЇ АПАРАТУРИ В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

Розглядаються можливості використання сучасних безконтактних напівпровідникових комутуючих апаратів для підвищення надійної роботи високовольтних мереж промислових підприємств.

З розвитком силової напівпровідникової електроніки з'явилась можливість створення багатофункціональних безконтактних електро-

технічних апаратів, що дозволяють поліпшити технічний стан сучасних систем електропостачання на якісно новий рівень. Це обумовлено, насамперед, їх високою швидкодією та практично необмеженим ресурсом струмообмеження і регулюванням потужності в мережах напругою до 10 кВ, можливістю синхронного керування системами електропостачання пром підприємств, безструмової комутації різноманітного навантаження та ін. Завдяки впровадженню потужних керованих тиристорів стало можливим створення безконтактних комутаційно-регулюючих апаратів (БКРА), які дають змогу ефективно вирішувати проблеми швидкодіючого відключення та струмообмеження в електричних мережах пром підприємств, що сприяє створенню якісно нового рівня захисту силових електричних мереж від перевантажень.

Основними перевагами БКРА перед існуючими електромеханічними релейними апаратами захисту є [1]:

- висока швидкодія, що складає доли мілісекунд;
- бездугове відключення електричних мереж;
- можливість регулювання напруги (потужності), швидкості електроприводів, реверсування, гальмування та ін.;
- мала потужність керування;
- можливість поєднань з сучасними засобами автоматики та комп'ютерної техніки контролю і керування параметрами електричних мереж.

Метою даної статті є аналіз можливостей застосування БКРА в найбільш важливих сферах забезпечення надійного функціонування електричних мереж електропостачання промислових підприємств.

Аналіз свідчить, що застосування БКРА дозволяє створити безреакторні мережі напругою 6-10 кВ з потужністю короткого замикання до 1500 МВА, обмежувати ударні аварійні струми, послаблювати термічні та динамічні навантаження на елементи системи електропостачання, керувати реактивними елементами мережі, формувати кільцеві мережі 0,4, 6, 10 кВ та раціонально використовувати трансформаторну потужність і, крім того, підвищувати якість електричної енергії в розподільних мережах [2].

Отже, найбільш важливими функціями БКРА 6-10 кВ в системах забезпечення безперебійного електропостачання промислових підприємств слід вважати такі:

- керування аварійними та післяаварійними режимами;
- керування режимами і якістю електроенергії в системах електропостачання;
- керування електроприймачами підприємств.

У процесі керування аварійними режимами однією з важливих задач є обмеження аварійних струмів у промислових електричних мережах, що зазвичай розв'язується на основі серісного або шунтового вмикання елементів схеми.

Безконтактні комутаційно-регулюючі апарати дають змогу вирішувати проблеми швидкодіючого струмообмеження в мережах напругою 6-10 кВ з потужністю струмів КЗ до 1000-1500 МВА, послаблюючи термічні та динамічні впливи на елементи систем електрозабезпечення. Крім того, використання БКРА дає змогу створювати кільцеві мережі напругою 0,4; 6; 10 кВ та раціонально використовувати трансформаторні потужності, підвищувати якість електроенергії в розподільчих мережах, скорочувати капітальні витрати на спорудження систем електрозабезпечення [3].

Однією з важливих задач керування аварійними режимами є обмеження ударних аварійних струмів у промислових електричних мережах на основі БКРА серісного або шунтового включення. Метод шунтування ланцюга КЗ, вдосконалений на базі тиристорної техніки, дає змогу створювати загальний струмообмежуючий контур для мережі з довільною конфігурацією завдяки можливості ввімкнення БКРА в будь-якій точці системи електрозабезпечення. В мережах з ізольованою нейтраллю 6-10 кВ БКРА доцільно виконувати в двофазному варіанті; при цьому тиристорні ключі вмикаються на ділянці між трансформатором та розподільчою мережею і забезпечують обмеження струму при будь-якому типі пошкодження для найбільш розповсюдженої схеми мережі: двообмотковий трансформатор – магістральний струмопровід. Залежно від параметрів мережі та типу навантаження може здійснюватись окрема або сумісна робота декількох БКРА.

Принцип захисної дії БКРА в системі електрозабезпечення полягає в шунтуванні ланцюгу КЗ та поділу мережі на ряд контурів, завдяки чому відбувається новий струморозподіл і рівень струмів КЗ зменшується до величини комутаційної спроможності вимикачів. Для цього БКРА необхідно вмикати послідовно з струмообмежуючими резисторами, величина опору яких та місце ввімкнення і визначає необхідну ступень обмеження струму КЗ. Для розрахунку параметрів шунтуючих резисторів та струморозподілу для різноманітних конфігурацій промислових мереж та місць включення БКРА складаються відповідні розрахункові еквівалентні схеми заміщення. Приклад такої схеми для найбільш розповсюдженого варіанта електричних мереж наведено на рис.1. Схема заміщення дає змогу визначити величини опору струмообмежувальних резисторів  $z_i$ , а також всі необхідні параметри системи електрозабезпечення для більшості конфігурацій мереж промислових

підприємств.

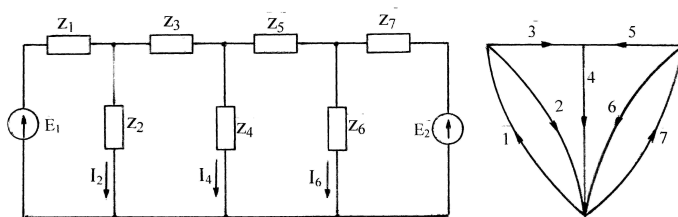


Рис.1 – Еквівалентна схема електричної мережі та векторна діаграма струмів

При цьому алгоритм керування БКРА забезпечує струмообмеження будь-якого з приєднань при довільній кількості ступенів селективності в системах електропостачання будь-якої конфігурації. Робота БКРА синхронізується шляхом фіксації переднього фронту відновлювальної напруги і може бути ввімкнута не більше ніж на один період змінного струму. В деяких випадках при розрахунках опору струмообмежуючого резистора можливо знехтувати опором пошкодженого фідера, вважаючи його рівним нулеві. При цьому розрахункова схема мережі суттєво спрощується і параметри струмообмежуючого контура та місце його ввімкнення визначаються значно простіше. Основним критерієм вибору величини опору шунтового резистора при цьому є забезпечення мінімального струму комутуючого тиристора:  $I_m z / Re_z = I_m z / Re_z$ , де  $z$  – величина шунтуючого резистора.

Ще однією актуальною задачею застосування БКРА класу 6-10 кВ є розробка пристроїв для вирішення задачі автоматичного введення резерву (АВР), насамперед, у мережах з потужними синхронними електродвигунами, які використовуються в переважній більшості промислових підприємств. Розробка та широке впровадження БКРА напругою 10 кВ змінного струму дозволяє переводити на резервне джерело живлення електродвигуни без гасіння в них поля. На рис.2 показана можлива функціональна схема вмикання безконтактного пристрою АВР двотрансформаторної підстанції з тиристорним секційним вимикачем 10,5 кВ для загального випадку роботи пристрою АВР у мережі, джерела живлення 110 кВ якої мають кінцевий по опору електричний зв'язок.

Схема містить лінійні вимикачі 1, 3, силові трансформатори Т1, Т2, ввідні вимикачі 2, 4, секційний вимикач 5. Паралельно секційному і ввідним ввімкнені високовольтні тиристорні вимикачі 6-8. Двигунові навантаження через вимикачі 9, 10 підключені до секцій шин 6,3 кВ.

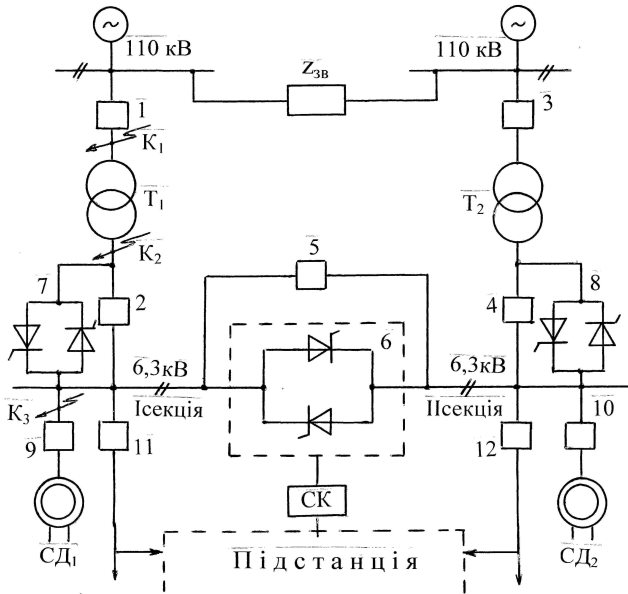


Рис.2 – Схема вмикання БКРА для АВР двигунового навантаження

Струмопроводи через вимикачі 11, 12 приєднуються до двохсекційної підстанції. Система комутації (СК) тиристорного секційного вимикача здійснюється за рахунок імпульсно-фазового керування тиристорами. Схема працює наступним чином. При перевищенні величини струму заданого уставкою (при КЗ в точках К1, К2) АВР блокується і відбувається вмикання секційного вимикача 5. У даній схемі застосована система несиметричного керування тиристорами 6, що забезпечує усунення на секції, підключеній до пошкодженої фази ЕРС зворотної послідовності при несиметричних пошкодженнях у живильній мережі. В даній схемі один тиристорний пристрій забезпечує АВР всього навантаження підключеного до струмопроводів І і ІІ. Коли живлячі джерела мають електричний зв'язок ( $Z_{зв}$ ) по стороні вищої напруги, більш доцільно використовувати схему з трьома тиристорними вимикачами. Таким чином резервне джерело підключається в цій схемі до моменту ліквідації аварії живильної мережі. Така схема забезпечує можливість параметричного введення резерву.

Керування БКРА 6-10 кВ здійснюється групою силових тиристорів, що забезпечують гальванічну розв'язку елементів мережі з потен-

ціалом землі. Оскільки потужні високовольтні тиристори 40-го класу комутують струми в декілька десятків кА і мають час вмикання в межах 30-100 мкс – це висуває певні умови до крутості переднього фронту керуючих імпульсів, яка повинна складати 0,5-2 А/мкс, а тривалість імпульсів і їх синхронізація повинні забезпечувати роботу БКРА в тому числі і на змішане навантаження.

Основним функціональним вузлом керування БКРА є кабельно-трансформаторна схема передачі імпульсів на високій потенціал, яка одночасно здійснює гальванічну розв'язку системи. Для формування керуючих імпульсів і підсилювання їх потужності можуть використовуватись транзисторні ВЧ генератори частотою 3-7 кГц та підсилювачі потужності до декілька кВт. Аналого-цифрова система вимірювання миттєвих значень струму та напруги, частоти та різниці фаз та ін. параметрів секцій шин забезпечує контроль параметрів мережі електропостачання практично за всіма необхідними показниками. Основні елементи системи керування АВР виконуються на інтегральних мікросхемах.

Існуючий досвід упровадження в промисловості безреакторних мереж з потужністю струмів КЗ 1000-1500 МВ А на основі БКРА шунтового типу свідчить, що найбільш перспективними галузями використання таких систем є мережі з різко змінними ударними навантаженнями, а також мережі підприємств, що реконструюються. Використання підвищеної потужності струмів КЗ суттєво спрощує мережу, полегшує підключення різко змінних навантажень.

Таким чином, використання БКРА в системах електропостачання дають змогу здійснювати ефективний захист розгалужених мереж 6-10 кВ від екстремальних перевантажень, управління аварійними режимами та якістю електроенергії, забезпечувати гарантоване електрозабезпечення промислових підприємств.

1.Сосков А.Г., Соскова И.А. Полупроводниковые аппараты: коммутация, управление, защита. – К.: Каравела, 2005. – 343 с.

2.Розанов Ю.К. Основы силовой электроники. – М.: Энергия, 1992. – 296 с.

3.Поскребеко А.А. Бесконтактные коммутирующие полупроводниковые устройства. – М.: Энергия, 1978. – 192 с.

4.Копечийский Е.С. Расчет электрических цепей устройств высокого напряжения. – М.: Энергия, 1993. – 268 с.

5.Бороденко В.А., Поляков В.Е. О выборе принципа действия пусковых органов АВР // Промышленная энергетика. – 1981. – №5. – С.18-23.

*Отримано 28.07.2008*